Imagerie cardiaque CZT : étude de la réserve coronaire en médecine nucléaire

A. Manrique

CZT-SPECT Cardiac imaging: Myocardial perfusion reserve study

D. Agostini
P. Tager
D. Bouthiba
A. Manrique

EA 4650, service de médecine nucléaire, centre hospitalier universitaire de Caen Normandie, université Normandie, avenue de la Côte-de-Nacre, 14000 Caen, France

Disponible en ligne sur ScienceDirect le 24 juillet 2019

La tomoscintigraphie myocardique est un examen de référence pour le diagnostic et le suivi de la maladie coronarienne. Cette modalité d'imagerie non invasive permet de localiser la répartition du radiotraceur au sein du myocarde. L'interprétation de l'examen consiste à déceler les territoires ayant un déficit relatif de fixation et donc de perfusion myocardique (ischémie myocardique et infarctus du myocarde).

Le développement de nouveaux matériaux semi-conducteurs permettent la conversion directe des photons gamma en paires électrons-trous. Parmi ceux disponibles, le Tellure de Cadmium et Zinc (CZT) présente les meilleurs compromis pour une utilisation médicale de part une bonne efficacité de détection des photons gamma avec une faible épaisseur, un fonctionnement à température ambiante et sa disponibilité sur le marché.

> Imagerie avec Tellure de Cadmium et Zinc.

Actuellement, deux caméras à semi-conducteurs dédiées à la cardiologie nucléaire sont disponibles : la caméra Discovery NM-530c (GE Healthcare, Haïfa, Israël) et la caméra DSPECT (Spectrum Dynamics, Césarée, Israël) (*Fig. 1*). Ces caméras se différencient principalement par leur géométrie d'acquisition. Dès leur commercialisation, de nombreuses études cliniques ont comparé les performances diagnostiques de cette nouvelle technologie par rapport aux caméras d'Anger montrant ainsi leur supériorité en termes de qualité d'image, de rapidité d'acquisition (< 4 min) et de confort pour le patient [1–3]. Cette nouvelle technologie CZT permet de réaliser des acquisitions dynamiques qui proposent une évaluation des débits myocardiques régionaux et de la réserve coronaire.

ESTIMATION SPECT DE RÉSERVE DE PERFUSION MYOCARDIQUE

La tomoscintigraphie de perfusion myocardique, en dépit de son excellent sensibilité, peut parfois être prise en défaut en particulier dans les coronaropathies pluri-tronculaires ou maladie de la micro-vascularisation. En effet, l'interprétation qualitative des images normalisées sur le maximum de fixation ne permet en général que d'identifier la lésion la plus sévère en termes d'ischémie d'aval. À la limite, les pathologies tri-tronculaires équilibrées peuvent être responsables de faux négatifs. Il existe de ce fait une réelle motivation pour développer une interprétation quantitative de la scintigraphie de perfusion en termes de « débit » (en ml/min/g) et/ou de « réserve » de perfusion myocardique. Cette analyse quantitative a fait ses preuves en TEP depuis une dizaine d'années, d'abord au moyen d'eau ou d'ammoniaque marquée puis de ^{82}Rb, avec un intérêt à la fois diagnostique et pronostique.

Grâce à leur grande sensibilité de détection et leur capacité à réaliser des acquisitions en mode liste, les caméras CZT apparaissent comme un outil idéal pour réaliser de

Auteur correspondant.
D. Agostini,
EA 4650, service de médecine nucléaire, centre hospitalier universitaire de Caen Normandie, université Normandie, avenue de la Côte-de-Nacre, 14000 Caen, France.
Adresse e-mail :
agostini-de@chu-caen.fr

https://doi.org/10.1016/j.amcp.2019.06.004
© 2019 Publié par Elsevier Masson SAS.

Figure 1. Présentation de la caméra DSPECT (Spectrum Dynamics).

l'imagerie dynamique. Après segmentation du myocarde et définition d'une région vasculaire, et extraction des courbes temps-activité décrivant l'évolution des concentrations dans les compartiments d'intérêt, la résolution du modèle pharmacocinétique fournit les paramètres du modèle et in fine le débit de perfusion myocardique (*Fig. 2*).
À titre indicatif, la *Figure 3* montre un exemple de coupes reconstruites sur des acquisitions dynamiques de stress obtenues sur la DNM530c. La réserve de perfusion est définie comme le rapport des débits myocardiques à vasodilatation maximale (après stress pharmacologique) et au repos. Elle traduit la capacité de la macro et microcirculation myocardique à assurer une hyperhémie en cas d'accroissement des besoins métaboliques. Son altération reflète de manière quantitative le degré d'ischémie myocardique avec un seuil de normalité fixé de manière consensuelle entre 2 et 2,5.

D'un point de vue pratique, le protocole consiste en deux acquisitions dynamiques de quelques minutes (typiquement 4 à 6 min), la première au repos après injection du traceur de perfusion, et la seconde une trentaine de minutes plus tard, après stress pharmacologique (au dipyridamole ou au regadenoson) et injection d'une seconde dose de radio-traceur. Les acquisitions sont démarrées concomitamment à l'injection du traceur de manière à capturer l'entrée vasculaire. Il existe des outils logiciels (Corridor4DM développé par INVIA) permettant une analyse quantitative des données et l'obtention d'un index de réserve de perfusion myocardique défini comme le ratio des débits de stress et de repos, à la fois global (sur l'ensemble du myocarde) et régional (par territoire coronaire). Quelques études récentes ont démontré la faisabilité d'analyses de réserve coronaire en SPECT sur caméras CZT au moyen de traceurs technétiés ou de ^{201}Tl, avec une bonne corrélation des indices de réserve avec les données angiographiques et une valeur ajoutée diagnostique potentielle chez les patients pluri-tronculaires [2–4]. Des études récentes ont également démontré la concordance des mesures de débit et de réserve de perfusion myocardique obtenues en SPECT avec celles obtenues au moyen de la technique de référence, à savoir la TEP. En particulier, les résultats récents de l'équipe de Caen attestent de la pertinence des mesures SPECT à la fois vis-à-vis de l'étalon TEP et vis-à-vis des mesures angiographiques de FFR [5] (*Fig. 4*). Des études sur des cohortes plus nombreuses avec un suivi à long terme sont nécessaires pour affirmer la pertinence pronostique de tels indices et afin de préciser les indications cliniques d'une quantification absolue en SPECT myocardique.
En revanche, l'imagerie scintigraphique dynamique requiert la mesure précise d'une activité vasculaire dans une région de petites dimensions et sur des intervalles de temps courts. Toute erreur entachant cette mesure se répercute sur les paramètres quantitatifs produits par le modèle pharmacocinétique sous-jacent, avec des écarts très substantiels qui peuvent atteindre 50 %.

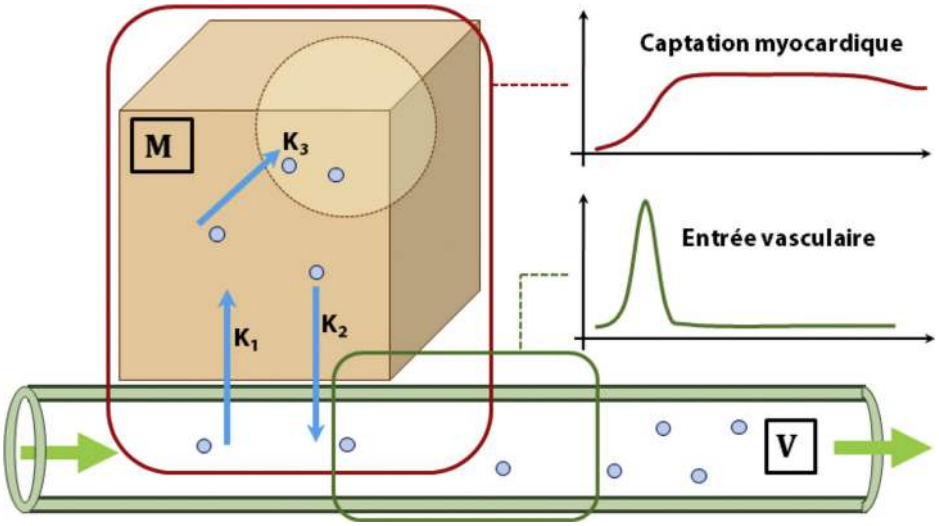

Figure 2. Représentation schématique des échanges de radio-traceur entre le secteur circulant et les myocytes. V : entrée vasculaire ; M : captation myocardique.

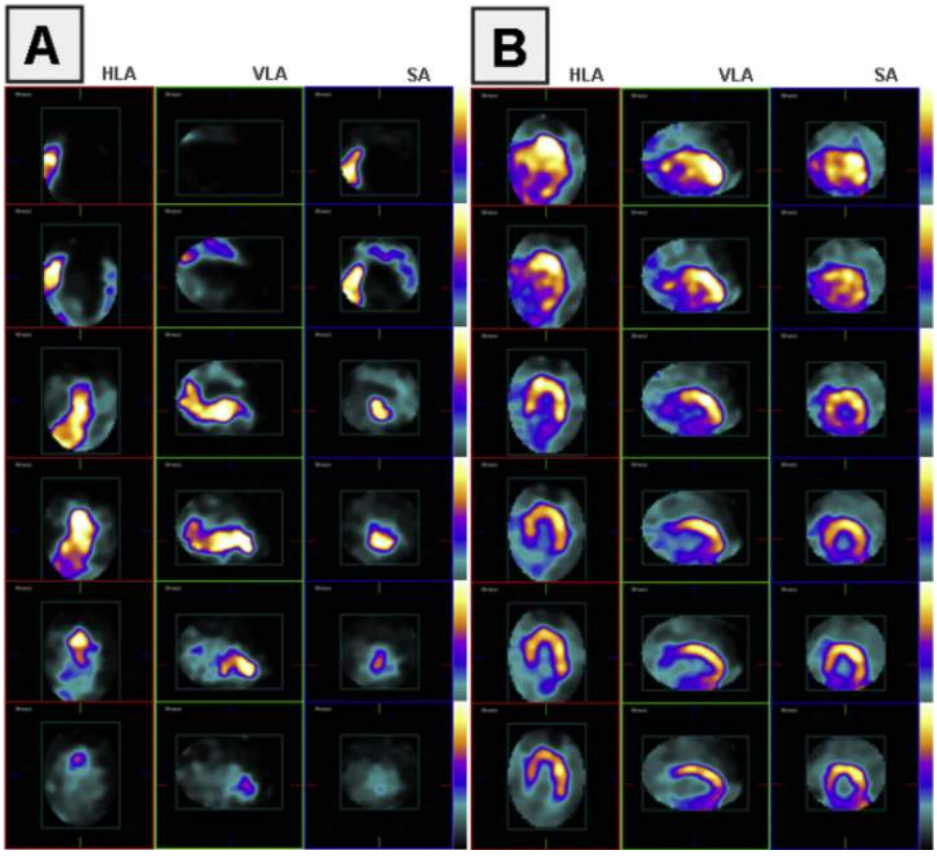

Figure 3. Images dynamiques (A) de 3 min durant la phase d'entrée vasculaire et. (B) de 30 min pendant la phase de captation myocardique.

INTÉRÊT PRATIQUE DE LA MESURE DE LA RÉSERVE CORONAIRE EN ROUTINE

La mesure de la réserve coronaire de façon quantitative par l'utilisation d'une caméra CZT en routine clinique est une aide diagnostique à la détection des patients ischémiques dont la perfusion myocardique (stress-repos) conventionnelle est dite normale de façon qualitative.

Les principaux patients à proposer sous la caméra CZT pour la mesure de la réserve coronaire sont les patients ayant soit une atteinte des artères coronaires épicardiques sévères (tri-tronculaires) ou une atteinte sévère de la microcirculation.

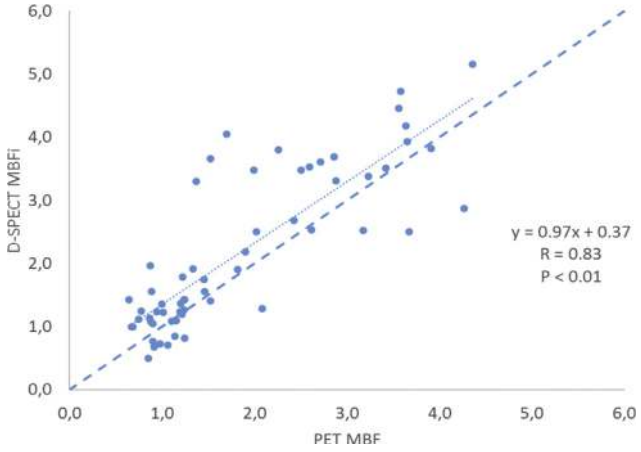

Figure 4. Corrélation entre la TEP et la CZT sur les valeurs de débits myocardiques (MBF) (étude WATERDAY) (d'après [5]).

CONCLUSION

Les caméras CZT dédiées à la cardiologie nucléaire possèdent des géométries d'acquisition et de collimations focalisées sur le myocarde permettant d'améliorer les performances en termes de sensibilité de détection et de résolution spatiale.

Les différentes applications cliniques, aujourd'hui réalisées sur ces caméras CZT dédiées, montrent la robustesse de ce système de détection et contribuent à renforcer la place de l'imagerie scintigraphique dans le domaine de la cardiologie.

On peut donc s'attendre à ce que les caméras CZT dites « grand champ 360° » (*Fig. 5*), récemment mises sur le marché, améliorent également la qualité des images d'émission monophotonique et laissent envisager de nouvelles perspectives telles que l'enregistrement d'images dynamiques 3D, le développement de la quantification ou l'utilisation de nouveaux traceurs SPECT dans le domaine de la cardiologie.

Figure 5. Nouvelle caméra CZTgrand champ à 360° (VERITON, (Spectrum Dynamics).

En pratique

Sensibilité et résolution spatiale améliorées.

Déclaration de liens d'intérêts
Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

RÉFÉRENCES

[1] Agostini D, Marie P-Y, Ben-Haim S, et al. Performance of cardiac cadmium-zinc-telluride gamma camera imaging in coronary artery disease: a review from the cardiovascular committee of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016;43:2423–32.

[2] Ben-Haim S, Murthy VL, Breault C, et al. Quantification of myocardial perfusion reserve using dynamic SPECT imaging in humans: a feasibility study. J Nucl Med 2013;54:873–9.

[3] Bouallègue FB, Roubille F, Lattuca B, et al. SPECT myocardial perfusion reserve in patients with multivessel coronary disease: correlation with angiographic findings and invasive fractional flow reserve measurements. J Nucl Med 2015;56:1712–7.

[4] Nkoulou R, Fuchs TA, Pazhenkottil AP, et al. Absolute myocardial blood flow and flow reserve assessed by gated SPECT with cadmium–zinc–telluride detectors using 99mTc-Tetrofosmin: head-to-head comparison with 13N-ammonia PET. J Nucl Med 2016;57:1887–92.

[5] Agostini D, Roule V, Nganoa C, et al. First validation of myocardial flow reserve assessed by dynamic 99 m Tc-sestamibi CZT-SPECT camera: head to head comparison with 15 O-water PET and fractional flow reserve in patients with suspected coronary artery disease. The WATERDAY study. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2018;45:1079–90.